

Luftfahrtgerät und die Anwendung der Radio Equipment Directive (RED)

Robert Kebel, Airbus, Experte Blitzschutz und EMV
Martin Schirrmacher, Airbus, Connectivity Components
Uwe Schwark, Airbus, Experte Regulierung

1 Einleitung

Die im Juni 2017 in Kraft getretene „Richtlinie 2014/53/EU (RED) des Europäischen Parlaments über die Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Funkanlagen auf dem Markt und zur Aufhebung der Richtlinie 1999/5/EG“ [1], soll neuen technologischen, kommerziellen & legislativen Rahmenbedingungen in der EU Rechnung tragen und mehr Klarheit über Rechte und Pflichten der Wirtschaftsakteure schaffen.

Die RED formuliert die grundlegenden Anforderungen an alle Funkanlagen/-geräte, die auf dem europäischen Markt in Verkehr gebracht werden sollen. In Anhang I der RED werden alle Funkanlagen benannt, die nicht unter die RED fallen. In Absatz 3 werden dort „Erzeugnisse, Teile und Ausrüstungen an Bord von Luftfahrzeugen, die in den Anwendungsbereich des Artikels 3 der Verordnung (EG) Nr. 216/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates (2) fallen [2,3] ausgeschlossen, weil diese u.a. spezielle aeronautische Frequenzbänder nutzen und spezifischen aeronautischen Standards genügen müssen, um flugtauglich zu sein.

Seit einigen Jahren gibt es Luftfahrtgeräte, wie zum Beispiel *cabin wireless access points*, die in nicht-aeronautischen, kommerziellen (sogenannten ISM-) Frequenzbändern Signale übertragen, aber als Luftfahrtgerät nicht unter die RED fallen.

Dieser Beitrag klärt, welche Maßnahmen aus Sicht eines Luftfahrtunternehmens getroffen werden müssen, um den Luftfahrtanforderungen zu genügen [7] und auch die technisch relevanten grundlegenden Anforderungen der RED zu erfüllen, ohne unnötige Doppelqualifikationen gegen Nicht-Luftfahrtnormen für beispielsweise den Nachweis der elektromagnetischen Verträglichkeit durchzuführen.

Die grundlegenden Anforderungen (*essential requirements*) aus Artikel 3 der RED werden erläutert; der Beitrag zeigt anhand weiterer EU Richtlinien, wieso das geschilderte Gerät als Luftfahrtgerät einzuordnen ist, und er legt am Beispiel eines Cabin Wireless Accesspoints dar, wie der Konformitätsnachweis im Sinne von Artikel 3 der RED geführt werden kann. Dies wird am Beispiel der Anforderungen an Sicherheit und Gesundheit in der Luftfahrt nach [9...12], am Beispiel der Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit in der Luftfahrt [4] und für die relevanten grundlegenden Anforderungen an die effektive Nutzung von Funkfrequenzen gezeigt. Die Zuständigkeit der EASA und der benannten Stellen wird adressiert.

2 Grundlegende Anforderungen der RED und Luftfahrtgeräteanforderungen

Artikel 3 der RED [1] definiert die Grundlegenden Anforderungen. Dazu gehören nach Artikel 3.1 a) der Schutz der Gesundheit und der Sicherheit von Menschen. Artikel 3.1 b) fordert ein angemessenes, der EMV-Richtlinie 2014/30/EU entsprechendes Niveau an

elektromagnetischer Verträglichkeit. Artikel 3.2 legt fest, dass Funkanlagen so gebaut sein müssen, dass eine effektive Nutzung von Funkfrequenzen erfolgt und gegeben ist, damit keine funktechnischen Störungen auftreten.

Sehr klar ist die Ausnahme für Luftfahrtgerät im Anhang 1 der RED. Sie besagt, dass Erzeugnisse, Teile und Ausrüstungen an Bord von Luftfahrzeugen, die in den Anwendungsbereich des Artikels 3 der Verordnung (EG) Nr. 216/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates (2) fallen nicht unter die RED fallen. Der *access point* ist ein Teil der Flugzeugzelle und fällt deshalb unter diese Ausnahme. Das ist für die Anforderungen Sicherheit, Gesundheit und EMV einfach festzustellen. Es führt aber für die grundlegende Anforderung effiziente Nutzung des Spektrums zum Widerspruch, wenn das Luftfahrtgerät außerhalb des aeronautischen Spektrums Funksignale überträgt, was für einen WLAN *access point* in der Kabine zutrifft, denn für diese Frequenzbänder gibt es keine *minimum operational performance standards* (MOPS), die für aeronautische Empfänger üblich sind. Die folgenden Abschnitte zeigen wie die Aspekte Sicherheit, Gesundheit und EMV in der Luftfahrt sichergestellt werden. Der Nachweis der grundlegenden Anforderung effiziente Nutzung des Spektrums muss anders angegangen werden.

Anzumerken ist, dass jede Entwicklung/Geräteintegration in ein Flugzeug, die in einem luftfahrttechnischen Betrieb stattfindet, mit seinem sogenannten *design organization approval* (DOA) der Aufsicht der EASA unterliegt. Das betrifft alle Geräte die Teil der Flugzeugzelle sind. Für Funksender umfasst das auch die Luftfahrt Navigations- und Kommunikationsempfänger und eindeutig auch die hier am Beispiel des *access points* vorgestellten Funkempfänger. Für diese letztgenannten Geräte, die nicht im aeronautischen Spektrum sondern zum Beispiel im ISM Frequenzband senden ist hinsichtlich der effizienten Nutzung des Spektrums Sorgfalt geboten, weil auch nicht aeronautische Geräte hier nicht gestört werden dürfen.

2.1 Schutz der Sicherheit

Zur Sicherheit gehören in der Luftfahrt der Schutz von Personen und Material vor elektrischem Schlag, Kurzschluss, heißen oder kalten Oberflächen, Brandgefahr, Rauch, ionisierender Strahlung, elektromagnetischen Feldern, gefährlichen chemischen oder biologischen Substanzen, scharfen Ecken und Kanten.



Bild 1: Cabin Wireless Access Point: Das Gerät lässt sich wegen der spezifischen Anschlüsse nicht außerhalb einer Flugzeugzelle betreiben

Durch die unterschiedlichen Einsatzbedingungen unterscheiden sich die Anforderungen für Luftfahrtgerät und Informationstechnischen Geräten voneinander, ebenso wie die durchzuführenden Qualifikationstests. Beispiele:

Alle elektronischen Luftfahrtgeräte mit Metallgehäuse müssen zum Schutz von Personen gegen elektrischen Schlag bei Berührung leitend mit der metallischen Flugzeugstruktur zum Zwecke der Erdung verbunden („gebondet“) werden, entweder über einen separaten *bonding stud* oder die Befestigungslöcher des Gehäuses. Der *Bonding Widerstand von chassis ground pin* im Connector zur Bondingschraube muss kleiner 20mΩ sein.

Bei jedem Gerät werden die *high voltage power supply pins* (>50VDC) mit 2200VDC gegen Kurzschluss oder Durchschlag gegen Chassis Ground getestet. Jedes Gerät ist durch einen passenden FI-Sicherungsautomaten auf Flugzeugseite gegen Kurzschluss und Leckströme geschützt. Die Steckverbinder sind mechanisch kodiert, sodass nur der jeweils passende Stecker im Flugzeug aufgesteckt werden kann. Eine unabsichtliche Verwechslung ist ausgeschlossen. Nichtbenutzte Stecker werden durch gesicherte Blindkappen verschlossen. Das Gerät selbst ist durch sein Design gegen Verpolung, Kurzschluss, Feuchtigkeit, Überspannung und Übertemperatur gesichert. Die Geräte im Flugzeug werden immer aus dem Flugzeug Bordnetz mit 115VAC/400Hz (oder variable Frequenz) oder 28VDC betrieben. Das Flugzeugbordnetz arbeitet autark und ist nicht mit dem öffentlichen Stromversorgungsnetz (230VAC/50Hz) verbunden. Ein Anschluss der Luftfahrtelektronik an das öffentliche Spannungsversorgungsnetz ist ausgeschlossen. Die verwendeten Stecker und Drähte müssen spezielle Luftfahrtstandards erfüllen, die sicherstellen, dass alle im Flugzeug auftretenden Betriebsbedingungen wie z.B. Spannungen, Ströme, Temperatur, Feuchtigkeit, Durchschlagsfestigkeit, Resistenz gegen Wärme oder chemische Substanzen, mechanische Belastbarkeit abgedeckt sind. Weiterhin muss das Gerät spezielle Brand- und Rauchanforderungen erfüllen. Die verwendeten Materialien sind deshalb andere als für Consumer Geräte. Luftfahrtspezifische Normen und Standards (z.B. [4,14,15]) haben entsprechend Vorrang.

Jedes Gerät verfügt über detaillierte technische Informationen für Installation, Wartung und Betrieb sowie entsprechende Sicherheitshinweise. Die Geräte werden nur durch autorisiertes & geschultes Personal installiert und gewartet. Sie sind hinter der Kabinenverkleidung montiert, so dass sie für Passagiere unzugänglich sind. Installation und Handhabung der Geräte unterliegen Sicherheitsmaßnahmen, die diejenigen für den Konsumermarkt vorgesehene Geräte übertreffen oder gleichwertig sind, wenn sie auch anders sind. Die grundlegende Anforderung Sicherheit wird durch Luftfahrtnormen erfüllt. Die EASA fordert und überwacht, dass der Luftfahrttechnische Betrieb die Sicherheitsbestimmungen nach den Bauvorschriften [9...12] einhält. Dies geschieht bei jeder Integration von jeglichem Gerät in das Flugzeug. Für neue Technologien werden individuelle sogenannte *Special Conditions* entwickelt. Eine derart enge Überwachung wird durch eine benannte Stelle nicht sichergestellt und ist in der Industrie einmalig.

Die Überwachung einer grundlegenden Anforderung „Sicherheit der Geräte“ ist durch die EASA als aufsichtführende Behörde angemessen sichergestellt.

2.2 Schutz der Gesundheit

Teil der luftfahrttechnischen Zulassung für den Betrieb von Funkanlagen ist die Einhaltung der zulässigen Exposition von Geräten und Passagieren gegenüber elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Feldern. Die technische Zielstellung ist, Passagiere und eingebaute Geräte vor unzulässig hohen High

Frequency (HF) Emissionen zu schützen. Der Nachweis dieser Zielstellung wird in sogenannten *certification review items* (CRIs) zwischen EASA und dem Antragsteller (*applicant*) verhandelt.

Technisch läuft dies bei der luftfahrttechnischen Zulassung auf die Einhaltung der einschlägigen Forderungen nach [ICNIRP] oder daraus abgeleiteten Normen hinaus. Es besteht bei diesem Thema kein technischer Unterschied zwischen der Telekommunikationszulassung oder Luftfahrtzulassung. Die Grundlegende Anforderung Schutz der Gesundheit wird durch Anwendung identischer Normen [13] sowohl für aeronautisches als auch nicht aeronautisches IT-Gerät sichergestellt. Eine Beaufsichtigung eines luftfahrttechnischen Betriebs durch EASA und zusätzlich durch eine benannte Stelle ist zur Sicherstellung derselben Anforderung mit denselben Mitteln nicht sinnvoll.

Der Nachweis zum Schutz der Gesundheit seitens des luftfahrttechnischen Betriebs nur der EASA als aufsichtführende Behörde zu belegen.

2.3 Gewährleistung der elektromagnetischen Verträglichkeit aller Bordsysteme

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) aller Bordelektronikgeräte und besonders der Navigations- und Funkkommunikationssysteme untereinander sowie gegenüber den Aussendungen von Kabinen-WLAN-*access points* muss immer gewährleistet sein. Will man die EMV beurteilen bietet sich eine Betrachtung der Flugphasen an. Dazu gehören am Boden die Phasen 1) „*parked aircraft*“ und 2) „*taxiing aircraft*“, es folgen die Phase 3) „*take off and final landing phase*“ und die 4) „*navigation phase operations*“. Phase 3) ist mit Sicherheit die feindlichste Umgebung. Das Flugzeug befindet sich in größtmöglicher Nähe zu den Radaranlagen und muss in der Lage sein, eine Umgebung, die die einschlägigen EN-Normen übertrifft, auszuhalten. Für die Phase 1) wird das Flugzeug ggf. über einen externen Generator oder über ein eigens dafür vorhandenes Netz mit Bordnetzfrequenz und -spannungspegel betrieben. Dieses Netz und der Generator dürfen genauso wie das Bordnetz als vom öffentlichen Spannungsnetz getrennt betrachtet werden.

Geleitete Störaussendung

Das Flugzeug ist nicht an das öffentliche Spannungsversorgungsnetz angeschlossen. Deshalb und weil der *access point* als Teil der Flugzeugzelle ausgenommen ist, entfällt die Anwendung der EN 301489-17 zum Schutz des öffentlichen Netzes für den *access point*. Die ED-14 hat gegenüber anderen nicht-aeronautischen Normen Vorrang, denn der *access point* ist offensichtlich nur am Bordnetz angeschlossen. [8] kommt hinsichtlich der EMV-Direktive zum selben Schluss. [8] betrachtet die leitungsgebundene Störaussendung für das Flugzeug als Einheit und folgert unter Annahme heute nach EN55022 geltender Pegel, dass die leitungsgebundene Störaussendung eines Flugzeugs unterhalb derer nach EN liegt. Eine Betrachtung geleiteter Emission eines bereits nach ED-14 qualifizierten einzelnen *access points* ist nicht schlüssig und kann entfallen. Das Bordnetz ist nicht an zu schützenden öffentlichen Netz angeschlossen, der *access point* damit ebenfalls nicht.

Gestrahlte Störaussendung

Zum Schutz der Navigations- und Kommunikationsempfänger werden die gestrahlten Störemissionen der Bordelektronik begrenzt. Bild 2 stellt Grenzwerte für die kritischen Navigations- und Kommunikationsbänder denen der EN-55022 gegenüber. Die ED-14

schreibt Pegel vor, die durch die Anwendung der EN 55022 nicht eingehalten werden können.

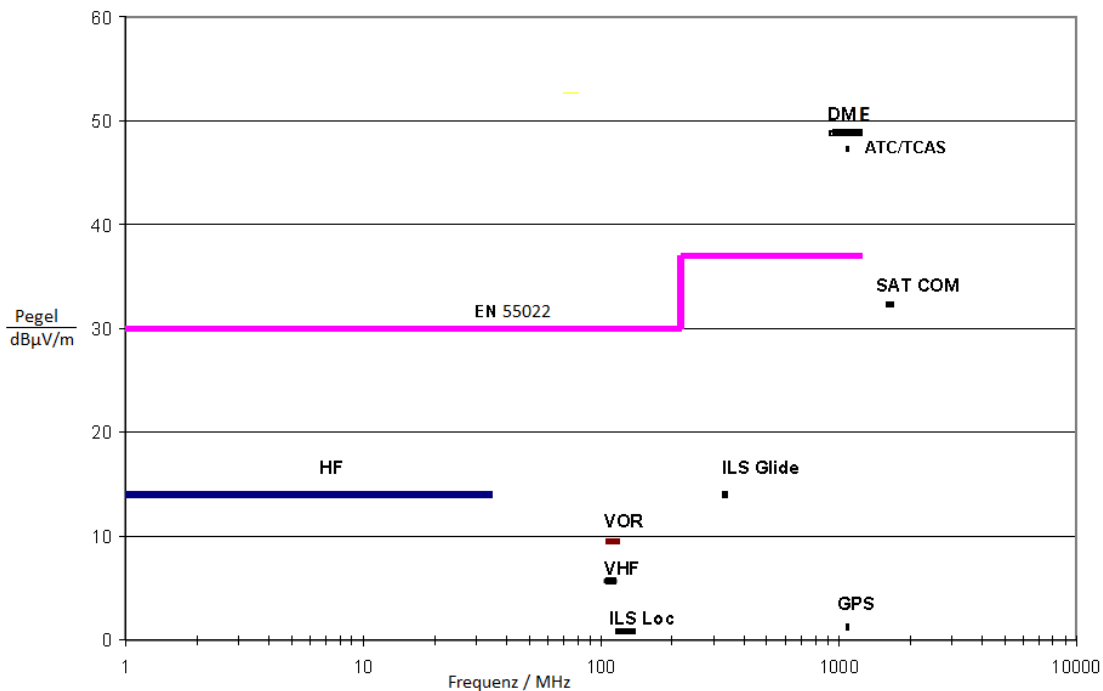


Bild 2: Vergleich der ED-14 Schutzpegel (einzeln angegebene Frequenzbänder) umgerechnet auf 30 m Distanz mit dem Grenzwert der EN 55022. (durchgezogener Grenzwert) in den In den aeronautischen Frequenzbändern erreicht die zulässige Störemission der EN 55022 nicht die erforderliche Schutzwirkung [8]

Die EN 55022[16] stellt den Schutz der Navigations- und Kommunikationsempfänger nicht sicher. Die Pegel liegen in den Frequenzbändern deutlich über den Grenzwerten nach ED-14. Die Anwendung der ED-14, aber nicht der EN 55022 ist sachgerecht zur Beurteilung der Störaussendung in der Flugzeugzelle. Dies gilt für alle o.g. Flugphasen, denn hinsichtlich der Pegel stellt [8] fest, dass auch am Boden die Emissionen durch die Einhaltung der ED-14[4] sichergestellt ist.

Leitungsgebundene Störfestigkeit

Die Leitungsgebundene Störfestigkeit eines *access points* ist der Umgebung anzupassen, der der *access point* ausgesetzt ist. Die Anschlüsse des *access points* sind alle ausschließlich mit dem Daten- und Spannungsversorgungsnetz des Flugzeugs verbunden. Es existiert keine drahtgebundene Verbindung zu öffentlichen Daten netzen oder Spannungsnetzen. Die Störfestigkeitsqualifikation des *access points* an den Leitungsanschlüsse muss sich deshalb auf die durch Luftfahrtnorm ED-14 [4] gegebenen Randbedingungen der EMV, aber nicht auf EN-Normen beziehen.

Störstrahlungsfestigkeit

Die Störstrahlungsfestigkeit gegenüber High Intensity Radiated Fields (HIRF) außerhalb des Flugzeugs ist nach Luftfahrtstandards eine feindlichere Umgebung als die für IT Gerät. Ebenso ist HIRF ein hinreichender Nachweis der Störfestigkeit gegenüber (nicht aeronautischen) portablen elektronischen Geräten der Passagiere (PED), gerade wenn diese PED über eine Sendefunktion verfügen. Eine Störfestigkeit über das Maß hinaus,

gegen das Luftfahrtgerät qualifiziert wird, wird durch die Anwendung von EN Normen nicht erreicht und ist auch nicht erforderlich. [14], [15].

Die EMV des Luftfahrtgeräts *access point* wird durch die Anwendung der ED-14 [4] sichergestellt. Seit der Veröffentlichung von [8] haben die Luftfahrtnormen [14,15] auch die Randbedingungen für die Störfestigkeit des Flugzeugs gegenüber PED festgelegt. Diese Frage wurde in [8] noch nicht behandelt, ist aber spätestens mit Veröffentlichung von [14,15] geklärt: Ein HIRF-zertifizierter Flugzeug mit dem in [15] gegebenen Störabstand kann aus EMV-Sicht uneingeschränkt betriebene, übliche PED mitführen. Im Rahmen des DOA unterliegt die EMV bei der Gerätequalifikation des Flugzeugs der Überwachung der EASA, wie schon [8] feststellt. Es bleibt die effiziente Nutzung von Funkfrequenzen zu betrachten.

2.4 Effektive und effiziente Nutzung von Funkfrequenzen

Zur effektiven und effizienten Nutzung von Funkfrequenzen ist zu unterscheiden, ob das Luftfahrtgerät innerhalb oder außerhalb des aeronautischen Spektrums arbeitet. Innerhalb des aeronautischen Spektrums arbeiten zum Beispiel das Instrumentenlandesystem oder die VHF-Kommunikation oder einige der Sattelitenkommunikationsanlagen des Flugzeugs. Außerhalb des aeronautischen Spektrums arbeiten z.B. die oben erwähnten WLAN *access points*. Für aeronautische Navigations- und Kommunikationsgeräte existieren *minimum operational performance standards* (MOPS), die die Mindestanforderungen an das Gerät definieren. MOPS dienen den Telekom-Regulierungsbehörden als Grundlage für die Erteilung der Betriebserlaubnis für das betreffende Funkgerät. Diese erfolgt üblicherweise im Rahmen der Vergabe einer „*aircraft station license*“, die sämtlich an Bord des betreffenden Flugzeugs befindlichen Funkanlagen abdeckt. Konformität zu den Anforderungen des jeweiligen MOPS wird seitens der Behörden gemeinhin als Kriterium für die effiziente Nutzung von Funkfrequenzen gewertet.

Harmonisierte Normen, die die grundlegenden Anforderungen der RED adressieren, dienen in Europa dazu, technische Mindestanforderungen für Funkgeräte verbindlich festzulegen. Ein Beispiel ist die EN 300 328 [17], welche die grundlegenden technischen Anforderungen an „*wideband transmission systems*“ (WLAN) im 2,4 GHz ISM-Band beschreibt. Der Nachweis der Konformität zu den in der jeweiligen harmonisierten Norm gegebenen Anforderungen wird gemeinhin seitens der europäischen Telekommunikationsregulierungsbehörden als Nachweis für die effiziente Nutzung von Funkfrequenzen angesehen, um damit eine Betriebserlaubnis für das betreffende Funkgerät zu rechtfertigen. Weil der Kabinen *access point* und die Umgebung sich wenigstens am Boden die Funkbänder mit den *access points* am Flughafen teilen ist ein Nachweis der grundlegenden Anforderung effektiven und effizienten Nutzung von Funkfrequenzen entsprechend Artikel 3.2 der RED notwendig.

3 Übersicht

Auf Basis der in Abschnitt 2 genannten Fakten ergibt sich folgende Situation, wie technisch sinnvoll mit den *access points* umzugehen ist: Der *access point* unterliegt als Teil der Flugzeugzelle nach EC 216/2008 dem Bereich Luftfahrtgerät und ist als solches weitestgehend von der Anwendung der RED ausgenommen. Analog zur EMV-Direktive wird EMV für Luftfahrtgerät hinreichend im Rahmen des DOA eines luftfahrttechnischen

Betriebes sichergestellt. Die Aspekte Sicherheit und Gesundheit sind ebenfalls inhärenter Bestandteil jeder Geräteintegration, die im Rahmen des DOA betrachtet wird. Ebenso fordert [TSO] explizit auf, entsprechend zu verfahren.

Grundlegende Anforderung\ Standards Vorschriften	Sicherheit	Gesundheit	EMV	Effektive Nutzung von Spektrum	Zuständigkeit
Flugzeug Geräte-/ Systemzulassung (EASA CS 25, CS23, ..., und CRIs, CRIs verweisen üblicherweise auf Standards)	X				EASA DOA
§§ der CS25, 23, ... /ICNIRP oder abgeleitete Vorschriften (z.B. EN 50385)		X			EASA DOA
CS 25 25.1309, 25.1431, ... EUROCAE ED14 (RTCA DO-160)			X		EASA DOA
Harmonisierte Standards in der EU z.B. EN 300328 o. EN 301893				X	Entweder Beurteilung durch benannte Stelle oder Nachweis durch Anwendung der Standards

Tabelle 1: Prinzipielle Zuordnung der grundlegenden Anforderungen für Luftfahrtgerät.

4 Zusammenfassung

Die neue RED 2014/53/EU lässt zunächst Interpretationsspielraum wie mit Luftfahrtfunkanlagen umgegangen werden soll, die nicht-aeronautische Frequenzbänder nutzen, aber als Luftfahrtgerät nicht der RED, sondern Luftfahrtregularien unterliegen.

Die in der RED in Artikel 3 definierten grundlegenden Anforderungen Sicherheit, Gesundheit und EMV unterliegen im Rahmen des *design organization approval* (DOA) der Überwachung der EASA.

Der Schutz der Gesundheit ist durch die Anwendung der ICNIRP[13] oder daraus abgeleiteten Anforderungen gleichwertig erfüllt. Der Schutz der Sicherheit unterliegt in der Luftfahrt eigenen Anforderungen, die streng überwacht werden.

Zur Erfüllung der Anforderung „EMV“ haben Luftfahrtstandards Vorrang: Der Schutz des aeronautischen Spektrums wird nur in Luftfahrtnormen zur Störaussendung adressiert, die Spannungsversorgungspegel und –frequenzen weichen von denen üblicher

Haushalts- oder Industriegeräte ab. Die Anwendung von CISPR oder EN Standards kann die EMV mit der Flugzeugumgebung nicht nachweisen. Luftfahrtgerät wie der *access point* wird auch nicht außerhalb der Flugzeugumgebung eingesetzt, denn es lässt sich nicht an Haushaltssteckdosen anschließen. Nur die Anwendung der EMV Luftfahrtnormen [4] führt zu einer hinreichenden EMV im Flugzeug. Ebenso haben nach [2] § 5 Produktspezifische Normen Vorrang.

Die grundlegende Anforderung nach Artikel 3.2 der RED „Effektive Nutzung von Funkspektrum“ ist die einzige Anforderung der RED, die für Luftfahrtgeräte zusätzlich zur Luftfahrtgerätequalifikation anwendbar ist, sofern nicht-aeronautisches Frequenzspektrum verwendet wird. [16...18]

Literaturangaben

- [1] RICHTLINIE 2014/53/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. April 2014 über die Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Funkanlagen auf dem Markt und zur Aufhebung der Richtlinie 1999/5/EG
- [2] Verordnung (EG) Nr. 765/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. Juli 2008 über die Vorschriften für die Akkreditierung und Marktüberwachung im Zusammenhang mit der Vermarktung von Produkten und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 339/93 des Rates (Text von Bedeutung für den EWR)
- [3] VERORDNUNG (EG) Nr. 216/2008 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 20. Februar 2008 zur Festlegung gemeinsamer Vorschriften für die Zivilluftfahrt und zur Errichtung einer Europäischen Agentur für Flugsicherheit, zur Aufhebung der Richtlinie 91/670/EWG des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1592/2002 und der Richtlinie 2004/36/EG
- [4] EUROCAE ED-14G, RTCA DO-160G: *Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment*, Malakoff, Washington, December 2010
- [5] Federal Aviation Authority policy statement: PS-ANM-25-13, *Electromagnetic Compatibility Demonstration for Airplane Wireless Radio Frequency Networks*, dated December 9, 2013
- [6] EASA Certification Memorandum Guidance to Certify an Aircraft as PED tolerant
- [7] EASA European Technical Standard Order 2C514, *“Airborne systems for non-required telecommunication services in non-aeronautical frequency bands”*
- [8] CENELEC, *Report on civil aircraft and incorporated equipment covering the technical specifications and related conformity assessment procedures, regional or international in relation to electromagnetic compatibility*, CLC(SG)819, Edition 05, October 2005
- [9] EASA, CS-25, *Certification Specifications, Large Aeroplanes*
- [10] EASA, CS-29, *Certification Specifications, Large Rotorcraft*
- [11] EASA, CS-23, *Certification Specifications, Normal, Utility, Aerobatic and Commuter Aeroplanes*
- [12] EASA, CS-27, *Certification Specifications, Small Rotorcraft*
- [13] ICNIRP, *ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*, ICNIRP publication 1998
- [14] EUROCAE ED-130A, RTCA DO-363, *Guidance for the use of portable electronic devices (PEDs) on board aircraft*, Malakoff, Washington, Dec. 2016
- [15] EUROCAE ED-239, RTCA DO-307A, *Aircraft design and certification for portable electronic devices (PED) tolerance*, Malakoff, Washington Dec. 2016
- [16] EN 55022 Einrichtungen der Informationstechnik – Funkstöreeigenschaften, Grenzwerte und Messverfahren, Beuth Verlag, 2010
- [17] EN 300328: Elektromagnetische Verträglichkeit und Funkspektrumangelegenheiten (ERM) - Breitband-Übertragungssysteme - Datenübertragungsgeräte, die im 2,4-GHz-ISM-Band arbeiten und Breitband-Modulationstechniken verwenden - Harmonisierte EN, die die wesentlichen Anforderungen nach Artikel 3.2 der R&TTE-Richtlinie enthält, Beuth Verlag, 2012
- [18] EN 301893: Breitband-Funkzugangnetze (BRAN) - 5-GHz-Hochleistungs-RLAN – Harmonisierte EN, die die wesentlichen Anforderungen nach Artikel 3.2 der R&TTE-Richtlinie enthält, Beuth Verlag, 2013